

О КОЭФФИЦИЕНТАХ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ И МОЩНОСТИ
ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДВИЖЕНИЯ

В.И.Луковников

Гомельский политехнический институт

Электродвигатель периодического движения вырабатывает механическую мощность, которая в отличие от обычного вращательного или линейного движения имеет не только активную, но и реактивную составляющие, а также мощность искажения [1]. Причем все они одновременно или поочередно могут оказаться полезными в зависимости от назначения двигателя и типа нагрузки на его валу.

Поэтому предлагается обобщить понятие коэффициента полезного действия η и использовать его для периодического режима не как обычно в виде отношения отдаваемой в нагрузку к потребляемой из сети активной мощности, а как отношения соответствующих полных мощностей.

$$\eta = \frac{S_n}{S_{\text{потр}}} = \sqrt{\frac{P_n^2}{S_{\text{потр}}^2} + \frac{Q_n^2}{S_{\text{потр}}^2} + \frac{T_n^2}{S_{\text{потр}}^2}} \quad (1)$$

где P , Q , T , S - активная, реактивная, искаженная и полная мощности, отдаваемые в нагрузку (индекс "н") и потребляемые из источника электроэнергии (индекс "потр").

Слагаемые под знаком корня в выражении (1) имеют смысл энергетических КПД по отдельным видам мощности. Энергетический КПД по активной мощности в теории исполнительных маломощных двигателей [2] определяется как произведение обычного КПД на коэффициент мощности.

Следуя этому подходу, найдем энергетические КПД для активной

$$\left. \begin{aligned} \eta_{\text{аз}} &= \frac{P_n}{S_{\text{потр}}} = \frac{P_n}{P_{\text{потр}}} \cdot \frac{P_{\text{потр}}}{S_{\text{потр}}} = \eta_a \cdot K_a, \\ \text{реактивной} \quad \eta_{\text{рз}} &= \frac{Q_n}{S_{\text{потр}}} = \frac{Q_n}{Q_{\text{потр}}} \cdot \frac{Q_{\text{потр}}}{S_{\text{потр}}} = \eta_p \cdot K_p, \\ \text{и мощности искажения} \quad \eta_{\text{из}} &= \frac{T_n}{S_{\text{потр}}} = \frac{T_n}{T_{\text{потр}}} \cdot \frac{T_{\text{потр}}}{S_{\text{потр}}} = \eta_i \cdot K_i. \end{aligned} \right\} (2)$$

где η_a , η_p , η_u и K_a , K_p , K_u - обычные коэффициенты полезного действия и мощности, соответствующие мощностям активной, реактивной и искажения.

Используя (2), запишем согласно (1) выражение для полного КПД в виде

$$\eta = \sqrt{\eta_a^2 K_a^2 + \eta_p^2 K_p^2 + \eta_u^2 K_u^2} \quad (3)$$

Потребляемые из сети электрические мощности определяются как обычно через действующие значения гармоник напряжения, тока и фазовый угол сдвига между ними, а отдаваемые в нагрузку механические мощности - через действующие значения гармоник, усилия, скорости перемещения и фазовый угол сдвига между ними [1].

Например, для случая низкочастотных колебаний двухфазного АД с полым немагнитным ротором, возбуждаемых по способу линейной фазовой модуляции, согласно результатов [1] можно найти приближенно потребляемые активную

$$P_{\text{потр}} = P_0 (1 + \gamma_0^2 K_{\text{тр}}^2) \cos \lambda, \quad (4)$$

реактивную

$$Q_{\text{потр}} = P_0 (1 + \gamma_0^2 K_{\text{тр}}^2) \sin \lambda, \quad (5)$$

и полную

$$S_{\text{потр}} = P_0 (1 + \gamma_0^2 K_{\text{тр}}^2) \quad (6)$$

мощности, где обозначено

$$P_0 = \frac{U_{\text{рстм}}^2 \{ (r_1 r_2^2 d^2 + r_1^3 + r_1^2 r_2)^2 + [d r_2^2 (r_1 + x_1 d) + r_1^2 x_1]^2 \}^{0.5}}{2 K_{\text{тр}}^2 r_1^2 [(r_1^2 + x_1^2) + 2 r_1 r_2 + r_2^2 (d^2 + e^2)]};$$

$$\lambda = \arctg \frac{d r_2^2 (r_1 + x_1 d) + r_1^2 x_1}{r_1 r_2^2 d^2 + r_1^3 + r_1^2 r_2};$$

r_1 , r_2 , x_1 , $d = r_1 x_m^{-1}$, $e = 1 + x_1 x_m^{-1}$ - параметры схемы замещения АД; $K_{\text{тр}}$ - коэффициент трансформации; γ_0 - коэффициент сигнала; $U_{\text{рстм}}$ - амплитуда номинального напряжения обмотки возбуждения.

При этом отдаваемые в нагрузку мощности будут определены при-

лиженными соотношениями

$$P_H = \frac{U_{\text{pсmн}}^2 \gamma_D^2 \Omega^2 \varepsilon_H}{2[(\gamma_1^2 + \chi_1^2) + 2\gamma_1\gamma_2 + (d^2 + e^2)\gamma_2^2] \{ \Omega^2 [2K\gamma_1 \cdot \rightarrow} \quad (7)$$

$$\leftarrow \frac{\gamma_2}{(1 + \gamma_D^2 K_{\text{TP}}^2) + \varepsilon_{\text{qб}} + \varepsilon_H \}^2 + [\rho_H + \rho_{\text{qб}} - \Omega^2(T_H + T_{\text{qб}})]^2} \quad (8)$$

$$Q_H = P_H \Omega^{-1} \varepsilon_H^{-1} / \rho_H - \Omega^2 T_H \quad (9)$$

$$S_H = P_H \Omega^{-1} \varepsilon_H^{-1} / \varepsilon_H^2 \Omega^2 + (\rho_H - \Omega^2 T_H)^2 \quad (9)$$

где ε_H , ρ_H , T_H и $\varepsilon_{\text{qб}}$, $\rho_{\text{qб}}$, $T_{\text{qб}}$ - коэффициенты демпфирующего и позиционного усилий, постоянные времени соответственно нагрузки и двигателя [I] .

Соотношения (2)-(9) позволяют значительно проще, чем в [I] , решать задачи анализа и синтеза колебательного электропривода по коэффициентам полезного действия и мощности при линейной фазовой потенциальной модуляции и малых скоростях колебаний.

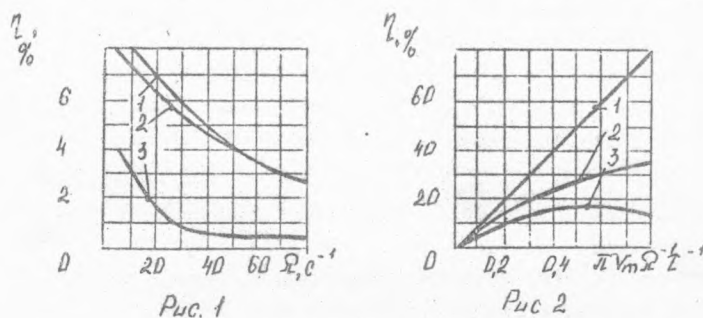
Достоверность их использования можно определить, например, невязкой величины $S_{\text{мех}}^g$ полной механической мощности, вычисленной через электрические параметры, с величиной $S_{\text{мех}}^н$ полной механической мощности, вычисленной через механические параметры. Следуя [I,2] , определим относительную невязку соотношением

$$\delta^g = \frac{S_{\text{мех}}^н - S_{\text{мех}}^g}{S_{\text{мех}}^н} = 1 - \frac{(1 + K_{\text{TP}}^2 \gamma_D^2) \{ (\gamma_1 \gamma_2 d^2 + \gamma_1^2 \gamma_2 + \gamma_1^3)^2 + \frac{[d\gamma_2^2(\gamma_1 + \chi_1 d) + \gamma_1^2 \chi_1]^2}{\gamma_2^2 (d^2 + e^2)} \} \cdot \left\{ 1 - \frac{2K\gamma_1(1 + K_{\text{TP}}^2 \gamma_D^2) [2K\gamma_1(1 + K_{\text{TP}}^2 \gamma_D^2) + \varepsilon_H + \varepsilon_{\text{qб}}] \Omega^2}{[2K\gamma_1(1 + K_{\text{TP}}^2 \gamma_D^2) + \varepsilon_H + \varepsilon_{\text{qб}}]^2 \Omega^2 + [\rho_H + \rho_{\text{qб}} - \Omega^2(T_H + T_{\text{qб}})]^2} \right\}^{-2.5}}{2K_{\text{TP}} \gamma_D^2 \gamma_1^2 / \gamma_2^2 (d^2 + \gamma_1^2) [(\gamma_1^2 + \chi_1^2) + 2\gamma_1\gamma_2 + (d^2 + e^2)\gamma_2^2]} \quad (10)$$

Если $\delta^g \gg 0,1$, то использование соотношений (2)-(9) дает недопустимо большую погрешность. В этом случае расчет следует вести по полной системе дифференциальных уравнений колебательного АД [I] с помощью ЭЦВМ.

На рис. 1 представлены рассчитанные по полученным соотношениям зависимости от частоты колебаний ротора Ω энергетических КПД по полной (1), реактивной (2) и активной (3) мощностям идеального ($\gamma_1 = \chi_1 = 0, \chi_m = \infty$) электродвигателя типа АДП - 263 А при $\beta_{\varphi\delta} = \beta_H = 0, \epsilon_{\varphi\delta} = 0,3, \epsilon_H = 0,7, T_{\varphi\delta} = 0,03 \text{ с}, T_H = 0,17 \text{ с}$.

На рис. 2 изображены от относительной амплитуды скорости колебаний зависимость обычного КПД по активной мощности линейного АД при частотной (1), амплитудной и фазовой модуляциях питающих напряжений.



Можно видеть, КПД с ростом частоты колебаний падают, причем при частотной модуляции питающих напряжений их значения наибольшие.

Используемые в работе [1] периодические коэффициенты полезного действия и мощности также позволяют произвести анализ и синтез колебательных АД по энергетике, но требуют значительно большей вычислительной работы по сравнению с предложенными.

Литература

1. Луксвников В.И. Электропривод колебательного движения. - М.: Энергоатомиздат, 1984.
2. Допухина Е.М., Сомихина Г.С. Асинхронные микромашины с полым ротором. - М.: Энергия, 1967.